



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 43 13 395 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**H 01 Q 19/06**  
H 01 Q 21/08

②1 Aktenzeichen: P 43 13 395.9  
②2 Anmeldetag: 23. 4. 93  
④3 Offenlegungstag: 10. 11. 94

DE 43 13 395 A 1

⑦1 Anmelder:  
Richard Hirschmann GmbH & Co, 73728 Esslingen,  
DE

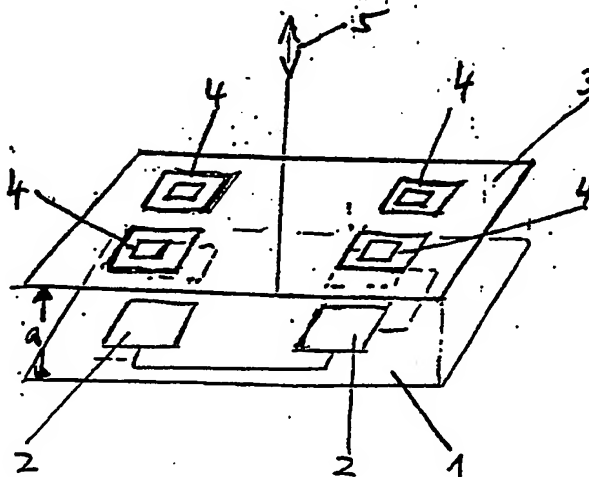
⑦4 Vertreter:  
Wagner, K., Dipl.-Ing.; Geyer, U., Dipl.-Phys.  
Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte, 80538 München

⑦2 Erfinder:  
Haffa, Steffen, Dr., 7500 Karlsruhe, DE; Kaczmarek,  
Thomas, 7300 Esslingen, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Planarantenne

⑤7 Bei einer Planarantenne mit zu einem Antennenarray zusammengeschalteten Strahlerelementen (2) ergibt sich eine Verbesserung der Empfangs- bzw. Strahlungscharakteristik sowie eine Erhöhung des Antennengewinns und einer Unterdrückung von Störsignalen aus benachbarten Frequenzbändern dadurch, daß wenigstens ein transparenter Schirm (3, 6, 7) vorgesehen ist, der über wenigstens einem Strahlerelement (2) angeordnet ist. Der transparente Schirm (3, 6, 8) weist passive Streuelemente (4, 8, 9) auf. Vorzugsweise sind die Streuelemente (4, 8, 9) gegenüber den darunter angeordneten Strahlerelementen (2) versetzt angeordnet.



DE 43 13 395 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 09. 94 408 045/18

8/31

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Planarantenne mit zu einem Antennenarray zusammengeschalteten Strahlerelementen.

Derartige Planarantennen sind beispielsweise aus der GB-A-2 242 313, der EP-A-0 363 841, oder aus Electronics Letters, Vol. 18, No. 14, Seiten 624, 625 bekannt. Diese Planarantennen bestehen aus einer festen Anzahl zusammengeschalteter Strahlerelemente oder Elementarantennen. Eine derartige Antenne besitzt eine bestimmte Richtcharakteristik und führt in Abhängigkeit von der Anregung der Elementarstrahler bei Verwendung der Antenne als Empfangsantenne zu einem meßbaren Gewinn, der durch Vergrößerung der Apertur dieser Antenne, d. h. durch eine Erhöhung der Anzahl der Strahlerelemente erhöht werden kann.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Planarantenne zu schaffen, mit der auf einfache Weise das Richtdiagramm der Planarantenne, d. h. die Empfangscharakteristik der als Empfangsantenne verwendeten Planarantenne bzw. die Abstrahlcharakteristik einer als Empfangsantenne verwendeten Planarantenne auf einfache Weise veränderbar und an die Wünsche und Gegebenheiten anpaßbar ist.

Ausgehend von den eingangs genannten herkömmlichen Planarantennen wird diese Aufgabe durch wenigstens einen transparenten Schirm gelöst, der über wenigstens einem Strahlerelement angeordnet ist.

Durch die erfindungsgemäße Verwendung eines transparenten Schirms in Zusammenhang mit einer herkömmlichen Planarantenne ist es möglich, abgestrahlte bzw. empfangene elektromagnetische Wellen je nach den Phasenverhalten der durch den transparenten Schirm transmittierten Welle zu fokussieren oder zu defokussieren. Dadurch ergibt sich z. B. eine zum Rand der Apertur hin vor- oder nachteilende Phase, wodurch die Richtcharakteristik verändert wird.

Mit dem erfindungsgemäßen Merkmal ist es daher möglich, den Antennengewinn zu erhöhen, Nebenzipfel des Strahlungsdiagramms zu unterdrücken oder bei planaren Antennenarrays einen gewünschten und ggf. bereits vorhandenen Schieleffekt zu unterstützen bzw. zu verstärken.

Darüberhinaus wirken transparente Schirme frequenzselektiv, so daß derartige transparente Schirme auch dazu eingesetzt werden können, störende Signale aus benachbarten Frequenzbändern bei Verwendung der Antenne als Empfangsantenne zu unterdrücken, bevor diese störenden Signale die eigentliche Antenne überhaupt erreichen. Eine derartige Störunterdrückung vor Einkopplung des Empfangssignals in einen Wellenleiter, sei es mit Hilfe eines Fang- oder Hauptreflektor, ist mit einem derartigen, als frequenzselektive Oberfläche wirkenden transparenten Schirm auf einfache Weise möglich.

Der transparente Schirm weist vorzugsweise passive Streuelemente auf, die gemäß bevorzugter Ausführungsformen in Schleifenform, insbesondere ringförmig, zweidimensional, symmetrisch und/oder in Form von quadratischen Rahmen ausgebildet sind. Quadratische Rahmen oder Ringe, etwa konzentrische Ringe, sind im wesentlichen polarisationsunabhängig. Jedoch auch polarisationssensitive Streuelemente wie magnetische Dipole, sind ebenfalls als passive Streuelemente auf vorteilhafte Weise verwendbar.

Vorzugsweise ist der transparente Schirm bzw. sind die passiven Streuelemente in bzw. auf einer metalli-

schen Fläche ausgebildet, die Aussparungen aufweist. Vorzugsweise sind die Aussparungen, mit denen die passiven Streuelemente gebildet werden, in ein Blech, beispielsweise ein Kupferblech gestanzt. Die passiven Streuelemente weisen dabei ein Transmissionsverhalten im gewünschten Nutzfrequenzband auf.

Alternativ können die passiven Streuelemente des transparenten Schirms auch durch elektrisch leitende Bereiche ausgebildet sein, die auf einer dielektrischen Schicht aufgebracht sind. Auch hier wieder sind diese passiven Streuelemente resonant, derart, daß sie im Nutzfrequenzbereich für die einfallende oder abgestrahlte Welle transparent sind.

Die passiven Streuelemente, die durch derartige elektrisch leitende, resonante Strukturen gebildet werden, weisen gemäß einer Ausführungsform der Erfindung gleiche Abmessungen auf. Vorzugsweise wiederholen sie sich ein- bzw. zweifach periodisch.

Gemäß einer besonders vorteilhaften Ausführungsform, ändern sich jedoch die Abmessungen der passiven Streuelemente des transparenten Schirms lageabhängig, so daß die Anordnung der passiven Streuelemente auf dem transparenten Schirm von einer ein- oder zweidimensionalen Periodizität abweicht, und die Abmessungen eine Funktion des Ortes sind, an dem sich das jeweilige passive Streuelement auf dem transparenten Schirm befindet.

Die passiven Streuelemente sind gemäß einer Ausführungsform der Erfindung bezüglich der Strahlerelemente zentriert angeordnet. Sie befinden sich daher aufgrund ihrer Zentrierung oberhalb der Antennenelemente im Nahfeld in der Ausbreitungsrichtung der Welle.

Gemäß einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung sind die passiven Streuelemente jedoch bezüglich der Strahlerelemente versetzt angeordnet.

Üblicherweise ist die Hauptstrahlrichtung einer Planarantenne senkrecht zur Antennenfläche bzw. zur Apertur. Es ist jedoch in vielen Fällen vorteilhaft, einen Winkel zwischen der Flächennormalen der Planarantenne und der Hauptstrahlrichtung, also einen Offsetwinkel, vorzusehen. Ein solcher Offsetwinkel ist vorzugsweise durch Steuerung der komplexen Anregung der Strahlerelemente nach Betrag und/oder Phase einstellbar, beispielsweise durch die Wahl der Leitungsführung zwischen den Strahlerelementen und/oder der Anschluß-Leitungsführung der Planarantenne und/oder durch die Wahl des Abstandes zwischen den Strahlerelementen untereinander. Um insofern Wiederholungen zu vermeiden, wird auf die dasselbe Anmeldedatum besitzende DE-A-... verwiesen, die insofern zum Inhalt der vorliegenden Anmeldung gemacht wird.

Wird der Offsetwinkel zwischen der Flächennormalen der Planarantenne und der Hauptstrahlrichtung jedoch zu groß, nimmt der Antennengewinn ab, da die Hauptstrahlrichtung eines Strahlerelements bzw. eines Einzelstrahlers ebenfalls in der Flächennormalen der Planarantenne liegt. Da sich der Antennengewinn aus der Superposition der Richtcharakteristik des Strahlerelements einerseits und der Gruppencharakteristik des Antennenarrays andererseits ergibt, ist es durch Verwendung eines transparenten Schirms möglich, die aufgrund des in Offsetwinkels eintretende Verringerung des Gewichts durch Ändern der Richtcharakteristik des Einzelelements zu verändern. Dies läßt sich insbesondere durch die sehr vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung erreichen, bei der wenigstens ein passives Streuelement gegenüber dem Strahlerelement, über

dem es angeordnet ist, versetzt ist. Im Nutzfrequenzband bewirkt das passive Streuelement durch elektromagnetische Verkopplung mit dem unter ihm befindlichen Strahlerelement eine Ablenkung der Einfall- bzw. Abstrahlrichtung aus der Flächennormalen der Planarantenne. Die Verwendung einer Mehrzahl solcher passiver Streuelemente auf einem transparenten Schirm mit Versatz unterstützt den durch die Gruppencharakteristik erzeugten Schieleffekt planarer Antennen. Insbesondere bei derartigen, schielenden Antennen wird der Antennengewinn durch diese besonders vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung wesentlich verbessert. Antennen mit einer geringen Anzahl von Elementen (Apertur kleiner wenige Lambda) erfahren durch den Versatz eine Strahlablenkung, die durch die höhere Gewichtung der Einzelcharakteristik entsteht und eine deutliche Richtungsänderung des Welleneinfalls bzw. der Abstrahlung bewirkt.

Die Vorteile der Erfindung lassen sich dadurch weiter verbessern, indem mehrere transparente Schirm übereinander angeordnet sind. Dadurch wird die Bündelung und der Antennengewinn noch weiter gesteigert. Die transparenten Schirme können dabei vorzugsweise als Multilayer-Strukturen ausgebildet sein, wodurch der Streueffekt erhöht und dadurch beispielsweise die Bündelung verbessert wird. Die Multilayer-Struktur kann in Zusammenhang mit einer Planarantenne auch die Antennenstruktur selbst, d. h. die Strahlerelemente umfassen, so daß sich eine hoch integrierte, kostengünstig herstellbare Planarantenne ergibt.

Gemäß einer weiteren sehr vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung unterscheidet sich die Resonanzfrequenz einzelner Elemente des transparenten Schirms von der Resonanzfrequenz der Planarantenne bzw. der Strahlerelemente um eine Frequenzdifferenz  $\Delta f$ . Bei einer leichten, ortsabhängigen Verschiebung der Resonanzfrequenz der passiven Streuelemente bzw. Strahler im transparenten Schirm ändert sich ebenfalls ortsabhängig die Phase einer transmittierten Welle, die eine Frequenz  $f$  aufweist, etwa proportional der Verstimmung  $\Delta f$ . Diese Verstimmung bzw. die Frequenzdifferenz erfolgt vorzugsweise durch Änderung der Abmessungen der passiven Streuelemente des transparenten Schirms bzw. der transparenten Schirme. Vorteilhaft ist es dabei, die Verstimmung der passiven Streuelemente, wenn diese als quadratische Rahmen oder konzentrische Ringe vorliegen, durch Umfangsänderungen herbeizuführen. Die Phasenänderung kann jedoch auch oder zusätzlich durch Änderung der elektromagnetischen Verkopplung der passiven Streuelemente untereinander erfolgen, was vorzugsweise durch vergrößerte Abstände der passiven Streuelemente untereinander realisierbar ist.

Alternativ oder zusätzlich zu einer Frequenzdifferenz ist es vorteilhaft, wenn sich die Phase des transparenten Schirms von der Phase des Strahlerelements um eine Phasendifferenz  $\Delta\zeta$  unterscheidet. Die Phasendifferenz wird dabei vorzugsweise durch eine Änderung der elektromagnetischen Verkopplung der passiven Streuelemente oder mit den Strahlerelementen hervorgerufen.

Die erfindungsgemäßen Maßnahmen der vorliegenden Erfindung sind insbesondere in Zusammenhang mit Planarantennen bzw. Wellenleitersystemen einsetzbar, die in den DE-A-.... und .... mit selben Anmeldedatum beschrieben sind. Die Anwendung der erfindungsgemäßen Merkmale ist jedoch nicht nur auf Planarantennen beschränkt. Vielmehr ist es auch möglich, Yagi-Antennen oder Mikrowellenantennen aller Art in der

beschriebenen Weise zu verbessern.

Unter dem Begriff Planarantenne ist nicht nur eine ebene Anordnung, sondern eine flächenhafte, gewölbte, sphärische oder zylindrische Anordnung bzw. auf einer sphärischen, gewölbten oder zylindrischen Oberfläche ausgebildete Antennenanordnung zu verstehen. Die Besonderheit einer Planarantenne ist darin begründet, daß direkt oder elektromagnetisch verkoppelte Strahlerelemente bzw. Einzel- oder Elementarstrahler flächenhaft angeordnet sind.

Die Erfindung wird nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine erfindungsgemäße Anordnung einer Planarantenne mit einem transparenten Schirm in perspektivischer Schemadarstellung;

Fig. 2 eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Planarantenne mit zwei übereinander angeordneten, transparenten Schirmen;

Fig. 3 eine perspektive Schemadarstellung einer Ausführungsform, bei der die passiven Streuelemente des transparenten Schirms zu den Strahlerelementen der Planarantenne versetzt angeordnet sind;

Fig. 4 ein Frequenz-Gewinn-Diagramm zur Erläuterung der in Fig. 3 dargestellten Anordnung;

Fig. 5 ein Frequenz-Phasen-Diagramm zur Erläuterung der in Fig. 3 dargestellten Anordnung.

Fig. 1 zeigt die perspektivische Ansicht einer erfindungsgemäßen Planarantenne in schematischer Darstellung. Über einem Substratträger 1 mit Strahlerelementen 2 ist ein transparenter Schirm 3 geringer Dicke in einem vorgegebenen Abstand  $a$  in einer parallelen Ebene angeordnet. Der transparente Schirm 3 weist passive Streuelemente 4 in periodischer Folge auf, die bezüglich der darunterliegenden Strahlerelemente 2 zentriert sind. Der transparente Schirm 3 ist im vorliegenden Fall ein dünnes Substrat, auf das die passiven Streuelemente 4 in Form von quadratischen Schleifen aus Kupfer aufgebracht sind. Wie durch den Teil 5 angedeutet ist, fällt die Welle senkrecht auf die Arrayebene der Planarantenne ein bzw. wird senkrecht von ihr abgestrahlt.

Die Anordnung und Verkopplung der Strahlerelemente 2 auf dem Substratträger 1 ist nicht Gegenstand der vorliegenden Erfindung und wird daher nicht im einzelnen erläutert. Es wird vielmehr Bezug genommen auf die dasselbe Anmeldedatum aufweisenden DE-A-... und ...., die insofern zum Inhalt der vorliegenden Unterlagen gemacht werden.

Fig. 2 zeigt eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Planarantenne, die sich von der in Fig. 1 dargestellten Planarantenne lediglich dadurch unterscheidet, daß zusätzlich zum transparenten Schirm 3 zwei weitere transparente Schirme 6, 7 mit entsprechenden passiven Streuelementen 9 angeordnet sind. Auch hier sind die jeweiligen passiven Streuelemente 4, 8, 9 der übereinander angeordneten transparenten Schirme 3, 6, 7 bezüglich der Strahlerelemente 2 zentriert angeordnet und die Welle fällt senkrecht auf die Planarantenne ein bzw. wird senkrecht von ihr abgestrahlt, wie dies durch den Pfeil 5 angedeutet ist.

Die in Fig. 3 dargestellte Ausführungsform der Erfindung unterscheidet sich von der in Fig. 1 dargestellten Ausführungsform dadurch, daß die passiven Streuelemente 4 des transparenten Schirms 3 gegenüber den Strahlerelementen 2 auf dem Trägersubstrat 1 in Y-Richtung versetzt angeordnet sind. Die Haupt-Einfall- bzw. Abstrahlrichtung 10 schließt daher mit der

Flächennormalen 11 der Planarantenne einen Offsetwinkel  $\alpha$  ein.

In Fig. 4 ist zur Erläuterung von Fig. 3 ein Diagramm dargestellt, auf dessen Abszisse die Frequenz und auf dessen Ordinate der Gewinn aufgetragen ist. Wie zuvor ausgeführt wurde, ergibt sich durch die Einstellung eines Offsetwinkels  $\alpha$ , d. h. eines Winkels zwischen der Flächennormalen 11 der Planarantenne und der Abstrahlrichtung 10 der Antennenanordnung selbst ein Gewinnverlust. Durch bewußtes Verschieben der Resonanzfrequenz des transparenten Schirms um diese Frequenzdifferenz  $\Delta f$  gelangt man wiederum in den optimalen Antennengewinnbereich, so daß der Gewinnverlust aufgrund des Offsetwinkels  $\alpha$  der Antennenanordnung durch den Versatz des transparenten Schirms 3 bzw. dessen passive Streuelemente 4, d. h. durch die erfolgte Frequenzverschiebung um die Frequenzdifferenz  $\Delta f$ , kompensiert wird.

Fig. 5 zeigt den Phasenverlauf in Abhängigkeit der Signalfrequenz. Eine Phasendifferenz  $\Delta\zeta$ , die ebenfalls durch Versatz der passiven Streuelemente 4 gegenüber dem Strahlerelement 2 entsteht, kann auf oben beschriebene Weise kompensiert werden, so daß Antennengewinn und Richtdiagramm optimiert werden.

Die Erfindung wurde anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele erläutert. Dem Fachmann sind jedoch Abwandlungen und Ausgestaltungen möglich, ohne daß dadurch der Erfindungsgedanke verlassen wird. So lassen sich die erfindungsgemäßen Merkmale nicht nur in Zusammenhang mit Planarantennen, sondern allgemein in Zusammenhang mit Mikrowellenantennen oder Yagi-Antennen, sei es im Rundfunk- oder Fernsehübertragungswesen, anwenden. Die Antenne bzw. die transparenten Schirme brauchen nicht nur zweidimensional ausgebildet sein, sie können auch eine dreidimensionale Ausbildung aufweisen.

#### Patentansprüche

1. Planarantenne mit zu einem Antennenarray zusammengeschalteten Strahlerelementen, gekennzeichnet durch wenigstens einen transparenten Schirm (3), der über wenigstens einem Strahlerelement (2) angeordnet ist.
2. Planarantenne nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der transparente Schirm (3, 6, 7) passive Streuelemente (4, 8, 9) aufweist.
3. Planarantenne nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die passiven Streuelemente (4, 8, 9) in Schleifenform ausgebildet sind.
4. Planarantenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die passiven Streuelemente (4, 8, 9) ringförmig sind.
5. Planarantenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die passiven Streuelemente (4, 8, 9) zweidimensional symmetrisch sind.
6. Planarantenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die passiven Streuelemente (4, 8, 9) in Form von quadratischen Rahmen ausgebildet sind.
7. Planarantenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die passiven Streuelemente (4, 8, 9) in bzw. auf einer metallischen Fläche ausgebildet sind, die Aussparungen aufweist.
8. Planarantenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die passi-

ven Streuelemente (4, 8, 9) mittels auf einer dielektrischen Schicht aufgebracht elektrisch leitenden Bereichen ausgebildet sind.

9. Planarantenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die passiven Streuelemente (4, 8, 9) gleiche Abmessungen aufweisen.

10. Planarantenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die passiven Streuelemente (4, 8, 9) sich periodisch wiederholen.

11. Planarantenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Abmessungen der passiven Streuelemente (4, 8, 9) in Abhängigkeit ihrer räumlichen Anordnung in der Ebene des transparenten Schirms (3, 6, 7) unterschiedlich sind.

12. Planarantenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die passiven Streuelemente (4, 8, 9) bezüglich der Strahlerelemente (2) zentriert angeordnet sind.

13. Planarantenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die passiven Streuelemente (4, 8, 9) bezüglich der Strahlerelemente (2) versetzt angeordnet sind.

14. Planarantenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens zwei transparente Schirme (3, 8, 9) übereinander angeordnet sind (Fig. 2).

15. Planarantenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der transparente Schirm (3) bzw. die transparenten Schirme (3, 6, 7) als Multilayer-Struktur aufgebaut ist bzw. sind.

16. Planarantenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Resonanzfrequenz des transparenten Schirms (3, 6, 7) von der Resonanzfrequenz der Strahlerelemente (2) um eine Frequenzdifferenz  $\Delta f$  unterscheidet.

17. Planarantenne nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Frequenzdifferenz  $\Delta f$  durch Änderung der Abmessungen der passiven Streuelemente (4, 8, 9) erfolgt.

18. Planarantenne nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Frequenzdifferenz durch Änderung des Umfangs der passiven Streuelemente (4, 8, 9) erfolgt.

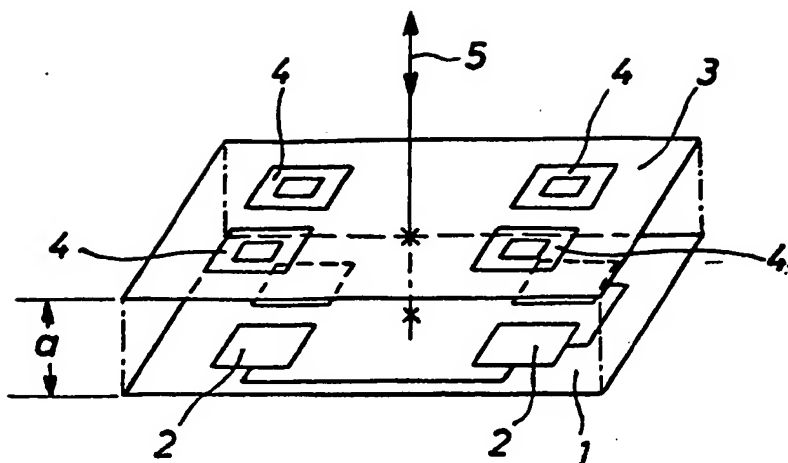
19. Planarantenne nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Frequenzdifferenz durch Änderung der Abstände der passiven Streuelemente (4, 8, 9) erfolgt.

20. Planarantenne nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Phase des transparenten Schirms (3) von der Phase der Strahlerelemente (2) um eine Phasendifferenz  $\Delta\zeta$  unterscheidet.

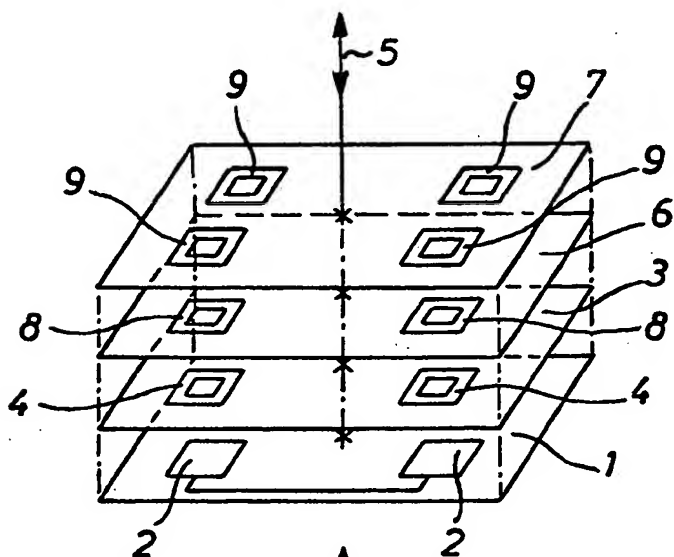
21. Planarantenne nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Phasendifferenz  $\Delta\zeta$  durch eine Änderung der elektromagnetischen Verkopplung der passiven Streuelemente (4, 8, 9) untereinander erfolgt.

22. Planarantenne nach Anspruch 20 oder 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Phasenänderung  $\Delta\zeta$  durch Änderung der Abstände der passiven Streuelemente (4, 8, 9) zueinander erfolgt.

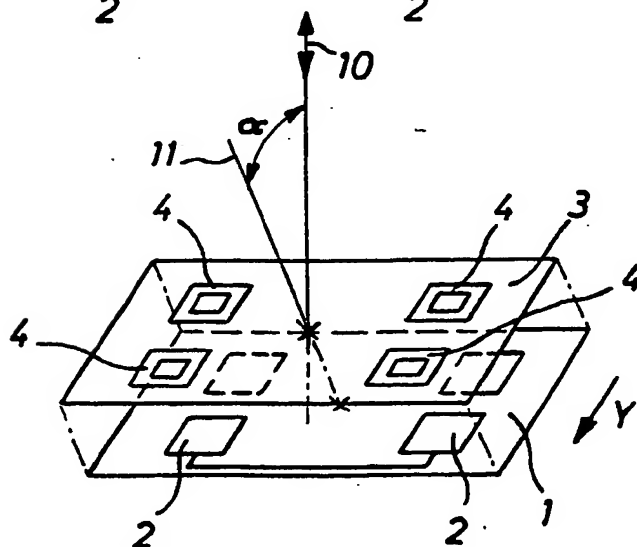
Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen



**Fig. 1**



**Fig. 2**



**Fig. 3**

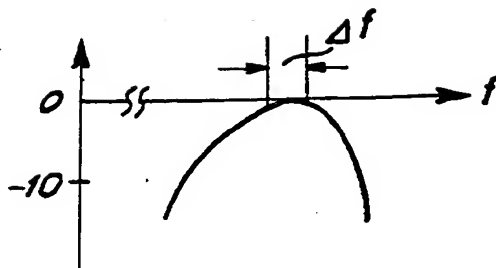


Fig.4

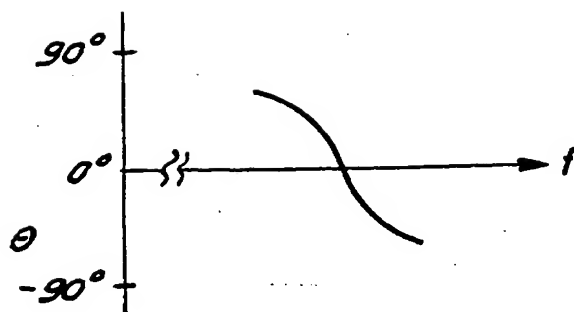


Fig.5